

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-209939

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 4 B 7/15
17/00

識別記号

F I

H 0 4 B 7/15
17/00

Z
D
G

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-342699

(22) 出願日 平成9年(1997)12月12日

(31) 優先権主張番号 08/764 565

(32) 優先日 1996年12月12日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596028941

グローバルスター エル. ビー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95134 サンジョセ ザンカーロード 3200

(72) 発明者 ヴィジャヤ ケイ. ガラガー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95129 サンノゼ ハーランドドライブ
1021

(72) 発明者 ボール エイ. モント

アメリカ合衆国 カリフォルニア州
95117 サンノゼ スーパーアベニュー 358

(74) 代理人 弁理士 藤村 元彦

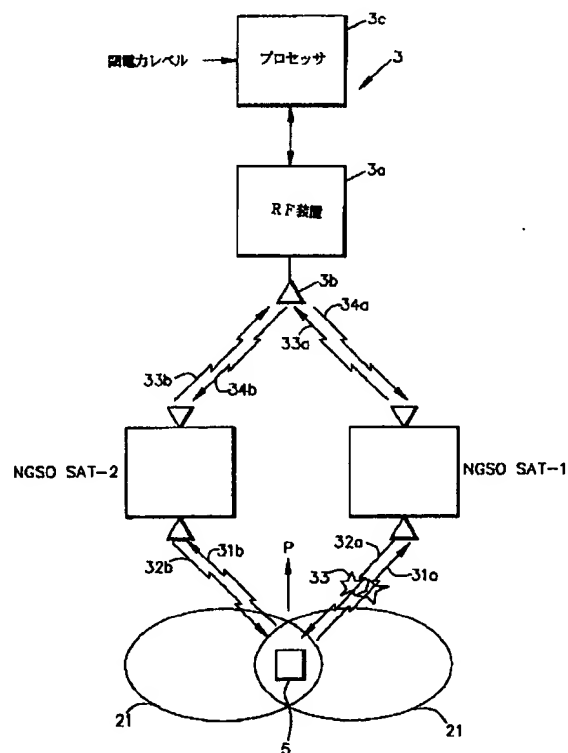
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 衛星によるユーザ端末の通信電力制御

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 衛星からの自律的制御を用いた電力制御システムを提供する。

【解決手段】 ユーザ端末5と、地上ゲートウェイ局を有する地上セグメントと、非静止軌道上の複数の衛星を含む宇宙セグメントとからなる。衛星通信システムで、ユーザ端末の送信電力Pを制御する。ユーザ端末から少なくとも二つの衛星に同時にアップリンク信号を送信し、二つの衛星でアップリンク信号を受信する。さらに、宇宙セグメントにおいて、受信信号の強度指示と所望の受信信号の強度指示との差分を表す値を確定し、差分に対応してユーザ端末で用いる電力制御コマンドを宇宙セグメントにおいて生成し、電力制御コマンドを宇宙セグメントからユーザ端末へ送信し、電力制御コマンドに従いアップリンク信号の送信電力を調整する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つのユーザ端末を有する地上セグメントおよび複数の非静止軌道衛星を有する宇宙セグメントを含む衛星通信システムのユーザ端末の送信電力を制御する方法であって、
前記ユーザ端末からのアップリンク信号を前記宇宙セグメントの少なくとも二つの衛星に同時に送信するステップと、
前記少なくとも二つの衛星がそれぞれ前記アップリンク信号を受信するステップと、
前記宇宙セグメント内において、前記少なくとも二つの衛星のそれぞれにおいて受信信号の強度指示(indication)と所望の受信信号強度指示との差を確定するステップと、
前記宇宙セグメント内において、前記差分に応じた前記ユーザ端末が用いる少なくとも一つの電力制御コマンドを生成するステップと、
前記宇宙セグメントから前記ユーザ端末へ前記少なくとも一つの電力制御コマンドを送信するステップと、
前記少なくとも一つの電力制御コマンドに従ってアップリンク信号の送信電力を調整するステップと、からなる方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法であって、前記アップリンク信号を受信するステップが該受信したアップリンク信号をベースバンドに復調するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項1に記載の方法であって、前記アップリンク信号を受信するステップが、前記ユーザ端末に割り当てられた拡散コードを用い該受信したアップリンク信号を逆拡散するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項1に記載の方法であって、前記差分を確定するステップが確定した差分を前記少なくとも二つの衛星のそれぞれから、より高高度軌道にある第三の衛星に送信するステップをさらに含むことを特徴とする方法。

【請求項5】 請求項4に記載の方法であって、前記第三の衛星が中軌道衛星または静止軌道衛星であることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項4に記載の方法であって、前記少なくとも一つの電力制御コマンドを生成するステップが前記第三の衛星によってなされることを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項1に記載の方法であって、前記アップリンク信号を受信するステップが、
該受信したアップリンク信号を前記第三の衛星に中継するステップと、
前記第三の衛星において、該中継されたアップリンク信号の全てまたは一部を復調し前記差分を確定するステップと、をさらに有し、

2

前記少なくとも一つの電力制御コマンドを生成するステップが前記第三の衛星によってなされることを特徴とする方法。

【請求項8】 請求項1に記載の方法であって、
オーバーライド(override)電力制御信号を生成し、前記オーバーライド電力制御信号をユーザ端末に送信するステップ、をさらに有し、
前記少なくとも一つの電力制御コマンドを生成し送信するステップが第一の間隔でなされ、前記オーバーライド電力制御信号を生成し送信するステップが第二の間隔でなされ、第二の間隔が第一の間隔より長いことを特徴とする方法。

【請求項9】 請求項8に記載の方法であって、
前記第一の間隔で生成および送信される前記電力制御コマンドが、低軌道衛星または中軌道衛星からなる衛星群の前記少なくとも二つの衛星によって生成され、前記オーバーライド電力制御信号が前記少なくとも二つの衛星よりも高高度軌道にある第三の衛星によって生成および送信されることを特徴とする方法。

【請求項10】 請求項1に記載の方法であって、該受信するステップが該受信したアップリンク信号を地上ゲートウェイ局に送信し、地上通信ネットワークと接続することを特徴とする方法。

【請求項11】 少なくとも一つのユーザ端末と少なくとも一つの地上ゲートウェイ局を有する地上セグメント、および複数の非静止軌道衛星を有する宇宙セグメントを含む衛星通信システムであって、
前記ユーザ端末内に、アップリンク信号を前記宇宙セグメントの少なくとも二つの衛星に同時に送信する送信機と、
前記少なくとも二つの衛星のそれぞれの中に、前記アップリンク信号を受信する受信機と、
前記宇宙セグメント内の前記少なくとも二つの衛星のそれぞれが受信信号の強度指示と所望の受信信号強度指示との差分を確定する第一の制御器と、
前記宇宙セグメント内において前記差分に応じた前記ユーザ端末が用いる少なくとも一つの電力制御コマンドを生成する第二の制御器と、
前記宇宙セグメントから前記ユーザ端末へ前記少なくとも一つの電力制御コマンドを送信する送信機と、
前記ユーザ端末内に前記少なくとも一つの電力制御コマンドに従ってアップリンク信号の送信電力を調整する手段と、からなるシステム。

【請求項12】 請求項11に記載のシステムであって、前記受信機が該受信したアップリンク信号をベースバンドに復調する回路を備えていることを特徴とするシステム。

【請求項13】 請求項11に記載のシステムであって、前記受信機が前記ユーザ端末に割り当てられた拡散コードを用い該受信したアップリンク信号を逆拡散する

3

回路を備えていることを特徴とするシステム。

【請求項14】 請求項11に記載のシステムであって、前記差分を確定する前記第一の制御器が前記少なくとも二つの衛星の双方に設置され、前記第二の制御器もまた前記少なくとも二つの衛星の双方に設置され、さらに前記少なくとも二つの衛星の該確定した差分を直接、または他方を経由して送信する手段を有することを特徴とするシステム。

【請求項15】 請求項11に記載のシステムであって、前記差分を確定する前記第一の制御器が前記少なくとも二つの衛星の双方に設置され、前記第二の制御器がより高高度軌道にある第三の衛星に設置され、さらに該確定した差分を前記少なくとも二つの衛星から前記第三の衛星へ送信する手段を有することを特徴とするシステム。

【請求項16】 請求項15に記載のシステムであって、前記第三の衛星が中軌道衛星または静止軌道衛星であることを特徴とするシステム。

【請求項17】 請求項11に記載のシステムであって、前記受信機が該受信したアップリンク信号を第三の20衛星に中継する送信機に結合され、前記第三の衛星が該中継されたアップリンク信号の全てまたは一部を復調する手段と、前記第一の制御手段および第二の制御手段とを有することを特徴とするシステム。

【請求項18】 請求項11に記載のシステムであって、前記第一の制御器および前記第二の制御器が前記少なくとも二つの衛星の双方に設置され、第一の間隔で送信される前記少なくとも一つの電力制御コマンドを生成し、さらに前記少なくとも二つの衛星よりも高高度軌道を周回する衛星中に、前記第一の間隔よりも長い第二の30間隔で前記ユーザ端末に送信されるオーバーライド電力制御コマンドを生成する第一、第二の制御器を有することを特徴とするシステム。

【請求項19】 請求項18に記載のシステムであって、前記少なくとも二つの衛星が低軌道衛星群の一部であり、前記第三の衛星が中軌道衛星または静止軌道衛星であることを特徴とするシステム。

【請求項20】 請求項11に記載のシステムであって、前記受信機の出力が地上通信ネットワークと接続するために該受信したアップリンク信号を地上ゲートウェ40イ局に送信する送信機と接続されていることを特徴とするシステム。

【請求項21】 衛星通信システムであって、送信機および受信機を有する複数のユーザ端末と、地上通信ネットワークと双方向的に接続された少なくとも一つのゲートウェイ局と、周回軌道上の複数の衛星と、前記複数の衛星に配置された、前記複数のユーザ端末の通信経路障害を補償するための送信電力制御コマンドを個別に生成する電力制御機能と、からなり前記複数の衛50

4

星の少なくとも一つが、通信経路を経由して前記ユーザ端末から通信信号を受信する手段と、前記通信信号を前記少なくとも一つのゲートウェイ局へ送信する手段と、を備えていることを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は概して衛星通信システムに関し、より詳細には静止軌道 (geosynchronous orbit: GS0) 衛星および非静止軌道 (non-geosynchronous orbit: non-GS0) 衛星通信システムに用いられる RF 電力制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 移動および固定局用の衛星電話システムは新しい地球規模のビジネスとして台頭してきた。これらのシステムは効果的な通信のために、一つの衛星、あるいは多数の衛星を経由する個々の多数の回路を利用している。衛星電話システムの価値は、地上に多くの小さなセルを作らなくとも地上の至る所に大面積のカバレッジエリアを提供できる点にある。衛星通信の周波数には割り当てがあるので、衛星通信システムの展開については多くの提案がなされてきた。概してこれらの提案には、時分割多元接続 (TDMA: Time Division Multiple Access) 技術や符号分割多元接続 (CDMA: Code Division Multiple Access) 技術が含まれている。

【0003】 それに加えて衛星の運用自体について、一般的な二つの提案がなされている。一つの提案は、フィーダーリンクの帯域低減のため衛星自身内での信号処理および多重化を含む衛星搭載型信号処理に関するものである。衛星搭載型信号処理は、アップリンク送信された伝送信号をベースバンド (すなわちデジタル信号) に落とし、衛星間リンクを介して他の衛星に信号を切り替えダウンリンク送信するための処理を含む。第二の提案は、衛星内では信号処理やベースバンドへの変換などを全くせずに信号の受信、周波数変換、送信を行う古典的な中継器として「ベントパイプ (bent-pipe)」型衛星中継器を用いるものである。

【0004】 第一のタイプのシステム (すなわち衛星搭載型信号処理) では、公衆電話交換網 (PSTN: Public Switched Telephone Network) への地上挿入点として機能する地上ゲートウェイ局は任意の位置に置いても良い。衛星搭載型の信号処理は、「ベントパイプ」中継器の簡単さとはトレードオフであるが多くの利点を有している。衛星搭載型処理の顕著な利点の一つは、ユーザ通信トラヒック信号 (たとえば音声またはデータ)、ユーザ端末や他の装置の制御に必要な合図信号が衛星内で確立され実行されるからである。さらに CDMA システムなどでは、ダウンリンクでの自己干渉を避けることができ、したがってシステム容量を増加することが可能である。また衛星間リンクを介して様々な衛星ノード間での信号のルーティングが可能のため、呼の接続において極

5

めてフレキシブルである。さらに、非効率な「ベントパイプ」型システムで用いていないスペクトル部分を利用してスペクトルを節約することができる。

【0005】衛星搭載型処理の利点は、衛星に届いた、または衛星から送られた信号が衛星の受信した情報により衛星内で制御されるか、または衛星から制御地点に中継される点である。一般的にはこの制御地点は地上局であった。後者の技術では、制御地点（たとえば地上局）は制御ループに加わるために一層複雑に作られなければならなかった。したがってシステム全体および制御地点10を単純化するのが望まれる。

【0006】この点に関する文献としては、米国特許第4,991,199号のサーム(Saam)による「衛星トランスポンダからの一定出力維持のためのアップリンク電力制御メカニズム(Uplink Power Control Mechanism For Maintaining Constant Output Power From Satellite Transponder)」、米国特許第4,752,967号のバスタマンテ(Bustamante)等による「衛星通信のための電力制御システム(Power Control System For Satellite Communications)」、米国特許第5,339,330号のマリンクロット(Mallin 20 ckrodt)による「統合セルラー通信システム(Integrated Cellular Communications System)」、米国特許第4,752,925号のトンプソン(Thompson)等による「2ホップ配置衛星通信システム(Two-Hop Collocated Satellite Communications System)」、米国特許第5,126,748号のエイミス(Ames)等による「2重衛星ナビゲーションシステムとその方法(Dual Satellite Navigation System And Method)」、米国特許第5,109,390号のギルーセン(Gilhousen)等による「CDMAセルラー電話システムにおけるダイバーシチ受信機(Diversity Receiver In A CDMA Cellular Telephone System)」および米国特許第5,138,631号のテイラー(Taylor)による「衛星通信ネットワーク(Satellite Communication Network)」がある。

【0007】一般に開示されている文献として、米国特許出願、シリアル番号08/467,209、1995年6月6日出願のロバート A. ウィーデマンおよびマイケル J. サイト(Robert A. Wiedeman and Michael J. Sites)による「低周回軌道衛星通信システム用閉ループ電力制御(Closed Loop Power Control For Low Earth Orbit Satellite Communications System)」がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、衛星システムからの自律的な制御を用いた電力制御システムを提供し、したがって地上局を単純化し、システムの複雑さを低減することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は非静止(non-GS)衛星を含む衛星通信システムに関する。本発明は、中央地上ゲートウェイ局を用いずに衛星搭載処理を行うことによって、それぞれのユーザ端末の電力を個々に制御

6

する要求を満たす電力制御ループを用いている。

【0010】本発明にしたがい、少なくとも一つのユーザ端末と、少なくとも一つの地上ゲートウェイ局を有する地上セグメントと、複数の衛星を含む宇宙セグメントと、からなるタイプの衛星通信システムにおいて、ユーザ端末の送信電力を制御する方法を開示している。本方法は、(a)ユーザ端末から宇宙セグメントの少なくとも二つの衛星に、同時にアップリンク信号を送信するステップと、(b)前記少なくとも二つの衛星のそれぞれで前記アップリンク信号を受信するステップと、からなる。本方法はさらに、(c)宇宙セグメントにおいて、該少なくとも二つの衛星のそれぞれに関して、受信信号の強度指示(indication)と所望の受信信号の強度指示との差分を表す値を確定するステップと、(d)前記差分に対応して、ユーザ端末で用いる少なくとも一つの電力制御コマンドを宇宙セグメントにおいて生成するステップと、(e)該生成した少なくとも一つの電力制御コマンドを宇宙セグメントからユーザ端末へ送信するステップと、(f)前記少なくとも一つの電力制御コマンドに従い、アップリンク信号の送信電力を調整するステップと、からなる。

【0011】

【発明の実施の形態】図1を参照すると、本発明の開示するところにしたがい、第一の低軌道周回(LEO:Low Earth Orbit)衛星群などのNGSO(non-GSO)衛星群や、第二の高軌道衛星群(中軌道(MEO:Medium Earth Orbit)衛星群またはGSO衛星群)を用いユーザ端末および衛星の電力消費制御を向上する技術について示している。以下の米国特許はLEO衛星群および関連する通信システムについての様々な局面に関し開示している。それらは、F. J. ディートリックとP. A. モンテ(F. J. Dietrich and P. A. Monte)による「多重経路衛星通信リンク用アンテナ(Antenna for Multipath Satellite Communication Links)」と題する1996年9月3日発行の米国特許第5,552,798号、E. ハーシュフィールドとC. A. ツァオ(E. Hirshfield and C. A. Tsao)による「移动通信衛星ペイロード(Mobile Communication Satellite Payload)」と題する1995年6月6日発行の米国特許第5,422,647号、E. ハーシュフィールド(E. Hirshfield)による「強度テーパ付きアクティブ送信フェーズドアレーアンテナ(Active Transmit Phased Array Antennawith Amplitude Taper)」と題する1996年4月2日発行の米国特許第5,504,493号、1995年9月5日発行の米国特許第5,448,623号およびR. A. ウィーデマンとP. A. モンテ(R. A. Wiedeman and P. A. Monte)による「地上通信システムとのネットワーク共同ゲートウェイ運用を用いた衛星通信システム(Satellite Telecommunications System Using Network Coordinating Gateways Operative with a Terrestrial Communication System)」と題する1996年6月11日発行

7

の米国特許第5,526,404号、およびS. A. エイミス (S. A. Ames)による「リピータダイバシススペクトル拡散通信システム (Repeater Diversity Spread Spectrum Communication System)」と題する1993年8月3日発行の米国特許第5,233,626号である。これらの米国特許の開示するところはここにすべて文献として挙げる。以下で明確になるように、これらの開示するところは変形され、ある実施態様においては、ユーザ端末からの送信信号の衛星内処理や衛星間リンクを与える場合がある。

【0012】本発明の望ましい実施態様では、LEO衛星群は8個の円形平面内の高度1400kmの衛星2からなる。これらの平面は、互いに45度のオフセットを有し赤道に対し52度傾き、各平面は6個の衛星2を有する(ウォーカー星雲: Walker constellationと呼ばれる場合がある。)。カバレッジの効果を最適化するため、経路ダイバシティが木、建物や山のような局所的障害を緩和するために用いられる。経路ダイバシティでは、水平線から約10度以上の仰角に2つ以上の衛星を地上のユーザ端末が見ることができることが必要である。上記のLEO衛星群によって多数の衛星カバレッジエリアを得ることができる。

【0013】図1は本発明による衛星システム1の概略構成を示す。衛星通信システム1は非静止軌道(NGSO: non-geosynchronous orbit)衛星または複数のNGSO衛星2を有し、これらの衛星は集合的に衛星星雲と呼ばれる場合がある。この星雲は上記に文献として挙げた米国特許に類似のものかもしれないが、本発明はこの特定のLEOシステムにのみ限定されるものではない。このNGSO衛星2は非静止軌道12を周回する。複数の衛星2が必ずしも必要という訳ではないが、多くの衛星から構成されるのが望ましい。衛星2はそれぞれがカバレッジエリア21を有している。図1はまた望ましい実施態様として、静止軌道11を周回する静止(GSO: geosynchronous)衛星3を示している。静止軌道は衛星3が地表点に対し明確には動かない一つの軌道である。衛星3は、NGSO衛星2との高度の違いから、カバレッジエリア21よりかなり大きな地表カバレッジエリア22を有する。

【0014】GSO軌道内に衛星3がいる必要はなく、40 実際非静止状態たとえば中軌道(MEO: Medium Earth Orbit)にあるかもしれない。またNGSO衛星2を支援し、ほぼ全地球をサポートするのに通常、衛星3は複数である。しかしどんな場合でも衛星3の高度は衛星2より高い。NGSO衛星群およびより高高度の周回衛星群を衛星通信システムの宇宙セグメントと集合的に呼ぶ場合がある。

【0015】図2を参照し衛星通信システム1を結びつけているリンクの様々な要素について説明する。衛星通信システムの地上セグメントの全てまたは一部を集合的

8

に形成するユーザ端末5および地上局またはゲートウェイ(GW)7, 8は、地上または地上の近くに配置される。NGSO衛星2のカバレッジエリアの中には、音声またはデータを送受信できる少なくとも一つ、一般的には多数の固定型、携帯型または移動型のユーザ端末5がある。ユーザ端末5はアップリンク31, ダウンリンク32を用いてNGSO衛星2と通信できる。これらの信号はNGSO衛星2を経て、NGSO衛星2のカバレッジエリア21内のNGSOゲートウェイ(GW-NGSO)8に經由されたり、あるいはGSO衛星3を経て、GSO衛星3のカバレッジエリア22内のゲートウェイ(GW-GSO)7に經由される。GW-NGSO8へのリンクにより公衆電話交換網(PSTN)6または民間ネットワークに接続ができる。ユーザ端末5はユーザリンク31, 32およびNGSO衛星2とGW-NGSO8との間のアップリンク35, ダウンリンク36により、NGSO衛星2を介してGW-NGSO8に接続されている。ユーザ端末5はゲートウェイを経由せずNGSO衛星2を介してそれらの間で直接接続される場合がある。加えてユーザ端末5はGSO衛星3のカバレッジエリア22内にあるGW-GSO7と接続されている場合がある。GW-GSO7はまた公衆電話交換網6または民間ネットワークに接続されている場合がある。

【0016】衛星の動作電力は、使える電力量がいつでも有限であるため、制御すべき貴重なリソースである。概してNGSO衛星システムでは衛星群から得られる電力は最も通信の込み合うピークアワーで用いる通信回路の数に直接比例し、ピークアワーは時間帯(タイムゾーン)を移り変わる毎に変化する。したがっていつでもあるエリアを周回する衛星は、電力システムの状態、そのエリアをカバーする衛星の数、および用いるスペクトル帯域に依存するある量の通信回線を提供する。したがってスペクトル帯域が限定要因でないと仮定すれば、用いることのできる電力量と衛星の数が二つの支配的な要因である。

【0017】図3および図4に二つのNGSOシステムの実施例を示す。衛星群A(図3)ではNGSO衛星2のカバレッジエリアまたは領域21は実質的に重なっておらず、カバレッジエリア21内のユーザ端末5はNGSO衛星の資源について競合せず、各ユーザ端末はある時刻では一つの衛星から電力を引き出す。しかし衛星群B(図4)ではカバレッジエリア21は実質的に互いに重なっており、重なったカバレッジエリア内のユーザ端末5は二つ以上のNGSO衛星2の資源について競合し、ある端末がある時刻において複数の衛星2から電力を引き出す場合が生じる。

【0018】図3, 図4に示す構成においては共に、両方向のリンクの電力コストが重要である。図5を簡単に参照すると、移動および携帯型のユーザ端末5はユーザ端末制御プロセッサを備えるデジタル部5b、デジタル

部5bに電力を供給するバッテリー5a、および送信機、受信機、RF信号処理部品からなるRF部5cを有している。これらの様々な装置の機能は、リンク31, 32を確立、保持しアンテナ5dを経て音声またはデータを送受信することである。

【0019】図6を参照すると、NGSO衛星2は電力制御ユニット2cを介して一つまたは複数の太陽電池2bにより充電されるバッテリー2aを有している。太陽電池2bが電力を供給しないとき（食の間）、デジタル部2dおよびRF部2eは電力制御ユニット2cを介して10バッテリー2aから電力の供給を受け、適当なアンテナ2fを介しリンク31, 32, 33, 34, 35, 36を確立、維持する。

【0020】図5および図6の場合ではバッテリー5a, 2aから引き出す電流量を注意深く制御し、またバッテリーの重量と大きさを最小化することが重要である。NGSO衛星2については、一般に太陽電池の製造・打ち上げの費用は高くつくので太陽電池2bの重量と大きさを最小化することもまた重要である。衛星の打ち上げ費用は衛星の重量に大きく依存するので、適度な大きさのバ20ッテリや太陽電池で得られるワットおよびワット時の電力がかなりの程度衛星通信システムの財政的な実現性を決定する。

【0021】ユーザ端末5のバッテリー5aの重量および衛星電力システム（2a-2c）の重量と費用を最小化するために、ユーザ端末5へのRFリンク31, 32を接続するのに必要な最小電力だけを送信するのが有用である。リンク31, 32は様々な障害を受けやすく、これらの障害に打ち勝つために必要とされる電力は変動する。これらの障害に特有の性質は、動作の特性、送信信30号の変調の種類、ユーザ端末5と衛星2との直線距離などに依存する。

【0022】NGSO衛星システムでは衛星2が頭上を移動する間、直線距離は常に変動することに注意する必要がある。全てではないがこれらの様々な障害には、全周波数帯における木の葉による吸収・回折、建物のブロックageや他の妨害、5GHz以上の周波数帯での降雨減衰による障害などがある。さらに、もしすべてのユーザ端末の通信がある一定のレベルに制御されれば、ある種の信号変調は障害、直線距離や他の変動に拘わらず非40常に効果的に動作する。このように動作する一つの信号変調法として符号分割多元接続(Code Division Multiple Access)を用いたスペクトル拡散(Spread Spectrum)法、すなわちSS/CDMAがある。SS/CDMA方式のシステムでは、全てのユーザ端末5についてある一定の周波数チャネルのアップリンク信号31を衛星受信アンテナ2fで受信時でもほぼ送信時と同じ電力密度にすることが目標である。衛星のアンテナで受信後においてもユーザ端末5を同じまたは最小の電力レベルに保つための電力制御システムは変調方法、障害や選択する周50

波数帯によらない。

【0023】例として、図4の構成においてSS/CDMAシステムを用いた28GHz帯のKaバンドの降雨減衰を考える。この点について図7を参照すると、このシステムはユーザ端末5と二つのNGSO衛星、NGSO SAT-1およびNGSO SAT-2との間のリンクを確立しようとする。ユーザ端末5はこの二つの衛星に向けて同時に電力Pの信号を送信する。ユーザ端末5がこの二つの衛星から受信した信号はユーザ端末5内でコヒーレントに結合され一つのコンポジット信号が作られる。この点についての文献としては前述の、S. A. エイミス (S. A. Ames)による「リピータダイバシススペクトル拡散通信システム (Repeater Diversity Spread Spectrum Communication System)」と題する1993年8月3日発行の米国特許第5,233,626号がある。ユーザ端末5から二つの衛星に送信された信号の最終目的地としては、GSO衛星3、NGSOゲートウェイ8、GSOゲートウェイ7（GSO衛星3を経由して）、または他のユーザ端末5がある。どの場合でも最終目的地で所望の結果を得るために、NGSO衛星においてある一定の受信信号品質が必要である。

【0024】図7に示すように、アップリンク31aの一つ、また多分ダウンリンク32aもまた降雨セル33によって減衰を受けている。NGSO SAT-1で受信した電力P (NGSO SAT-1)は降雨減衰のため所望のレベルよりも小さい。(またNGSO SAT-1は同時に他のユーザ端末5から、障害が有るか無いかはわからないが、アップリンクを受信している場合がある。)こういった障害を受けていること、またその障害のレベルを知ることにより、システムは他の全てのユーザ端末5に影響を与えることなくこのリンクについてのみ（たとえばリンク31aのみ）補償することができる。このようにリンク毎にユーザ端末の電力を選択的に制御することにより電力を節約でき、衛星のコスト、重量を最小化できる。

【0025】従来技術のところに記載した様々な米国特許に述べられているユーザリンクの減衰を補償するこれまでの方法は、地上局から制御される電力制御ループを用い、地上局から放射された信号を地上局に備えられたリモート受信機で測定することが必要となる場合がある。この従来の方法には多くの欠点や不都合がある。本発明では、衛星通信システムの宇宙セグメントでの処理や宇宙セグメントから発せられる電力制御コマンドによって各ユーザ端末5の電力を個別に制御する電力制御ループ（開ループまたは閉ループ）を用いる。

【0026】図8はユーザ端末5の送信電力を制御する望ましい技術を示している。ユーザ端末5から送信された電力Pは二つのアップリンク31a, 31bを経て二つのNGSO衛星、NGSO SAT-1およびNGSO SAT-2によりそれぞれ受信される。前述のようにそれぞれのアップリンク信号は様々な障害（たとえば降雨セル33など）に

11

より異なった強度を有している。

【0027】本発明の実行については二つの実施態様がある。一つは、ユーザ端末5が送信および受信する二つの周波数帯でフェージングが相反的(reciprocal)であり、したがって一つのリンク補償のみでよい(開ループ)と仮定することである。二つめの実施態様は、アップリンク31とダウンリンク32を各周波数帯で個別に制御し、アップリンクとダウンリンクとの間にフェージング深さの相関を何ら仮定しない方法(閉ループ)である。

【0028】開ループ制御および閉ループ制御は同時に用いることができることを述べておく。ここでは最初に閉ループ制御の実施例について述べ、次に開ループ制御について説明する。まず初めに本発明による閉ループ電力制御の実行には種々の実施態様があることを述べておく。

【0029】第一の閉ループの実施例は、ユーザ端末5のアップリンク信号の電力制御を用いることで、各NGSO衛星2で実行されアップリンク33を経由してGSO衛星3に中継される。この場合、経路31には障害が20あり、所望の電力レベルより低い電力でNGSO SAT-1で受信されると仮定する。NGSO SAT-1での受信信号は完全にまたは部分的に復調され、信号強度情報が抽出される。信号が完全に復調されているときは、信号強度情報は符号誤り率(bit error rate)またはフレーム誤り率を示す指示または尺度となる。信号が完全に復調されていないときは、信号強度情報は受信信号強度に基づいている。

【0030】一般に信号強度情報は本発明の目的からして、所定のNGSO衛星2の一つで受信したときのアップリンク信号31の電力と品質を表しているとみなす30とができる。本発明の直接拡散(direct sequence: DS) CDMA方式の実施例では、所定のNGSO衛星2の一つに送信するユーザ端末5のそれぞれから受信したアップリンク信号31の電力を実質的に等化することが望ましい。

【0031】信号が完全に復調および復号化されたら図9に示すデジタル受信回路40により処理される。デジタル受信回路はDS-SS方式を仮定すれば通常の構成のものでもよく、局部発振器(LO)信号とアップリンクRF信号をミキシングしIF(中間周波)信号を作る40ミキサ40a、擬似雑音(PN)コード発生器40cと共に動作しユーザ端末信号を抽出する逆拡散器40b、復調器40d、デコーダ40eを有している。デコーダ40eの出力はベースバンド信号である。この場合、復調出力の強度または復調器40dで軟判定された受信信号強度の尺度として用いられる。衛星2で送信信号が部分的にしか再生されていないときにはブロック40dおよび40eは削除され、ブロック40bの出力信号強度が受信信号強度の尺度として用いられる。同じ周波数帯の異なった拡散信号を送信する各ユーザ端末5は、図9 50

12

に示す回路の少なくとも幾つかと同じ回路を有することは理解できるであろう。

【0032】再び図8を参照すると、NGSO衛星2は図9で述べたユーザ端末5の信号強度を示す指示信号(indication)をリンク33a、33bを経てGSO衛星3に送信する。GSO衛星3ではアップリンク31aおよび31bからの信号強度の指示信号をアンテナ3bを経てRF装置3aで受信しプロセッサ3cに渡す。プロセッサ3cでは二つ(ユーザ端末からの信号を受信するNGSO衛星2の数によってはそれ以上)の信号強度の指示信号が互いに比較される。すなわち幾つかのNGSO衛星2を経た異なる経路の信号強度をGSO衛星3で比較する。図8の例では、NGSO SAT-1を経てアップリンク信号31aは、降雨セル33による減衰を受けないアップリンク信号31bに比べ障害が大きいことを知ることができる。

【0033】望ましい実施態様では、NGSO SAT-1、NGSO SAT-2から受信した信号強度の指示信号の和は所望の閾電力または閾信号強度レベルと比較される。この閾値との差分あるいは不足分S(もしあれば)はGSO衛星3からリンク34aまたは34bを経てNGSO衛星2に送信される。次にこの情報は、ダウンリンク32aまたは32bを経てユーザ端末5に送られる。それに応じてユーザ端末5のデジタル部はNGSO SAT-1またはNGSO SAT-2への電力を、その不足分Sで決定される分だけ増加して送信する。もしSがある予め決められた値より、たとえば10dB、大きい場合、送信電力を増加して障害のあるNGSO SAT-1への経路を通すよりも、障害のないNGSO SAT-2への経路の電力を、たとえば3dBだけ増加させて用いる方が電力効率が良い。

【0034】ユーザ端末5のアップリンク31についての閉ループ電力制御の第二の実施例は、GSO衛星3上で実行される。この実施例では、NGSO衛星2はユーザ端末5のアップリンク31の信号をGSO衛星3に単に線形中継するだけである。この場合GSO衛星3は、(a)中継された両方のアップリンク信号を受信し、その全てまたは一部を同じように復調した後で、(b)それらの中継信号を比較し、(c)所望のリンク品質を得るのに不足している電力を計算し、(d)一つまたは、それ以上のNGSO衛星2を経由してユーザ端末5に電力制御指示を発する。

【0035】この実施例ではGSO衛星3には、完全な復調を行うか、部分的な復調を行うかによって図9で示した回路の全てまたは幾つかを備えられていると仮定している。ユーザアップリンク信号の閉ループ電力制御の第三の実施例は、NGSO衛星2のみによって実行される。前述の例のように、経路31aには障害があり、NGSO SAT-1において所望のレベルより低いレベルで受信されると仮定する。この信号は完全に復調されているか、または部分的に復調されており、第一の実施例で述べた

13

方法により信号強度情報を抽出する。

【0036】ユーザ端末5はリンク31bを経てNGSO S AT-2 へ向けて電力を送信する。このリンクもまた障害を有する場合があるが、一般的には降雨セルはリンク31aの方向で集中しており、障害はより小さい。NGSO S AT-2で受信したリンク31bの信号の受信レベルは、NGSO SAT-1受信した同じ信号の受信レベルより大きい。この受信信号は完全に復調されるか、または部分的に復調されて、前述のように信号強度情報が抽出される。

【0037】この実施例ではNGSO衛星2はそれぞれ10独立にアップリンク31a、31bの信号強度の増減を判断し、ユーザ端末5に送信電力を適切に調整するための信号を送信する。望ましい実施態様では、ユーザ端末5は自身の送信電力をそれら二つの指示電力レベルのより小さい方に合わせるよう、あるいはそれらの間の値になるように調整する。

【0038】この実施例ではNGSO衛星2はまた、リンク33a、33bを経由してGSO衛星3に電力制御コマンドを中継する。この場合GSO衛星3は、遅い長遅延時間電力制御器として機能する。すなわち、NGSO衛星2はユーザ端末5に短遅延時間電力制御ループ（たとえば、1フレーム時間（たとえば20ミリ秒）当たり1電力制御コマンド）の電力制御コマンドを中継し、GSO衛星3は長遅延時間ループ（たとえば、nフレーム時間当たり1電力制御コマンド、ここでnは1以上）のオーバーライド(override)電力制御コマンドをNGSO衛星2の一方または双方を経由してユーザ端末5に送信する。GSO衛星3から受信した指示値で送信電力を設定した後、その後のnフレームについての長期の値を調整するため短遅延時間電力制御ループが用いられる。 30

【0039】NGSO衛星2はまた、衛星間リンクを通して互いに制御メッセージを送信することができ、ユーザ端末5に送信すべき適切な電力制御コマンドの決定に関し協力し合う。この場合、GSO衛星3は不要である。もしNGSO衛星間リンクを用いなければ、ユーザ端末5からの信号を受信するNGSO衛星2の間でのメッセージを交換するのにGSO衛星3を用いることができる。

【0040】前述ではユーザ端末アップリンク31の電力制御の観点から説明したが、ダウンリンク32の電力40制御もまた行うことができる。この場合には、ユーザ端末5がNGSO SAT-1からのダウンリンク32aがフェージングを受けており、NGSO SAT-2からのダウンリンク32bの方がより良好な受信品質（たとえば、より大きな受信信号強度、より少ないビット誤りまたはフレーム誤り、など）であることを検知する。ユーザ端末5は、NGSO SAT-1からのダウンリンク32aの減衰を補償する（たとえば、ダウンリンク32bに等しくなるまで）のに必要な電力増加量を決定し、直接にNGSO SAT-1と、またはGSO衛星3（もしくは、NGSO SAT-1との制御信号 50

14

交換リンク）を経由して電力増加要求を中継するNGSO SAT-2と交信する。フェージングがきついときには、「悪い」リンクを使うよりは「良い」リンクの電力を、たとえば3dB増加して使う方が望ましい。この判断は二つのリンク32a、32bの受信信号レベルを比較して行われる。ここまでは本発明による閉ループ制御についての実施例を説明したが、以下に開ループ制御の実施例について述べる。本実施例は、アップリンクとダウンリンクのフェージングに密接な相関がある場合を前提としており、この相関を用いて開ループ制御を行うものである。たとえばダウンリンクのフェージングに対するアップリンクのフェージングの比がR（アップリンク、ダウンリンクの周波数の違いによって）とした場合にこの値を開ループ制御に用いる。例として、ユーザ端末5がNGSO SAT-1からのダウンリンク32aがフェージングを受けていることを検出したとき、ダウンリンクのフェージングと比率Rに応じてユーザ端末5は自主的にNGSO SAT-1へのアップリンク31aの送信強度を増加する。

【0041】ユーザ端末5はこれらの信号を別々の拡散符号またはデータストリーム中に挿入されたソース識別ビットを用いて識別する。また前述の開ループ制御の実施例においても、様々な電力制御コマンド源を識別するのにこれと同様な技術を用いることができる。また同様にフェージングがきついときには、フェージングを受ける経路よりはフェージングを受けない経路のアップリンク電力を、たとえば3dB増加して用いる方が望ましい。この判断はこれら二つの経路の受信信号レベルを比較してなされる。

【0042】図10を参照すると、本発明の開示する方法は (A)ユーザ端末からのアップリンク信号を宇宙セグメントの少なくとも二つの衛星に同時に送信するステップと、(B)前記少なくとも二つの衛星がそれぞれ前記アップリンク信号を受信するステップと、(C)宇宙セグメント内において、前記少なくとも二つの衛星のそれぞれに対して受信した信号強度指示と所望の受信信号強度指示との差分を確定するステップと、(D)前記差分に応じてユーザ端末が用いる少なくとも一つの電力制御コマンドを宇宙セグメント内において生成するステップと、(E)宇宙セグメントからユーザ端末へ前記少なくとも一つの電力制御コマンドを送信するステップと、(F)前記少なくとも一つの電力制御コマンドに従ってアップリンク信号の送信電力を調整するステップと、からなる。

【0043】上記では主に低軌道周回衛星および静止軌道衛星からなる宇宙セグメントに関して説明したが、本発明の開示するところによれば低軌道周回衛星および中軌道周回衛星、また中軌道周回衛星および静止軌道衛星についても応用することが可能である。以上では、本発明の望ましい実施態様に関して特に述べたが、本発明の範囲と思想から逸脱せずに構成と詳細を変えられることを、当業者であれば理解できるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 非静止軌道（NGSO）衛星群および静止軌道（GSO）衛星群の相互関係および地球との関係を説明する簡略化した模式図である。

【図 2】 様々なユーザ端末、非GSOゲートウェイ、GSOゲートウェイ、GSO衛星群およびこれらの間の通信リンクを示し、図 1 をさらに詳しく説明する図である。

【図 3】 NGSO衛星のカバレッジエリアが重ならない場合において、二つのユーザ端末の動作を説明する図である。

【図 4】 二つのNGSO衛星のカバレッジエリアの重複エリアにおけるユーザ端末の動作を説明する図である。

【図 5】 ユーザ端末の簡略化したブロック図である。

【図 6】 NGSO衛星の一つの簡略化したブロック図である。

【図 7】 図 4 の重複したカバレッジエリアの場合をさらに説明する図である。

【図 8】 GSO衛星の一つの簡略化したブロック図および図 4、図 7 の重複したカバレッジエリアの場合をさらに詳しく説明する図である。

【図 9】 受信したユーザ端末信号をベースバンドに復調する回路の簡略化したブロック図である。

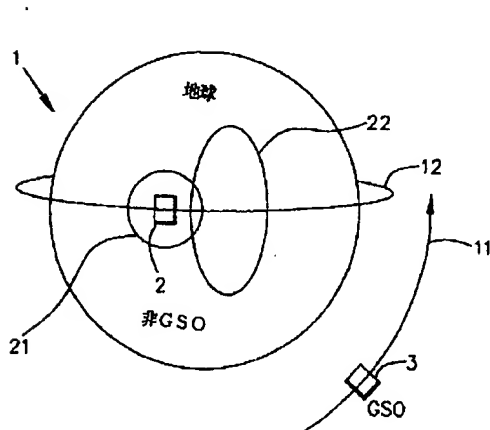
【図 10】 本発明の方法に従った論理フローチャートである。

【符号の説明】

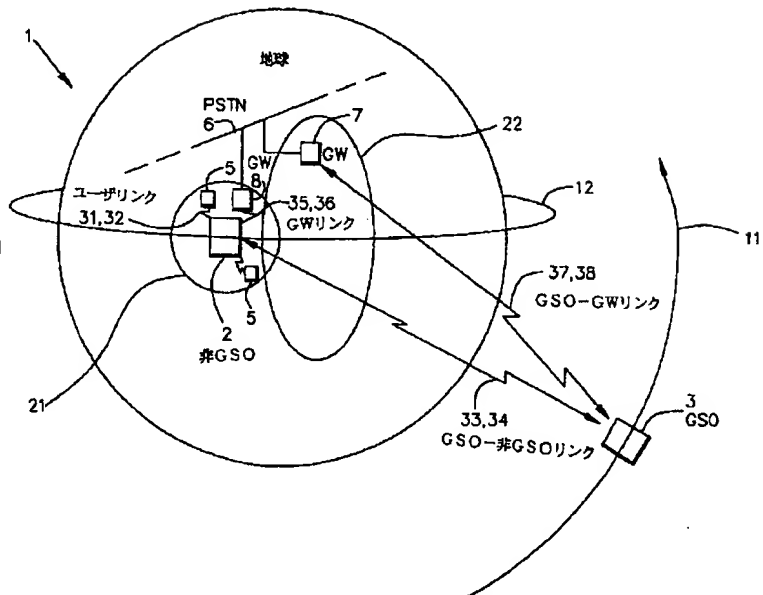
- 1 衛星通信システム
- 2 非GSO衛星

- 2 a, 5 a バッテリ
- 2 b 太陽電池
- 2 c 電力制御ユニット
- 2 d, 5 b デジタル部
- 2 e, 5 c RF部
- 2 f, 5 d アンテナ
- 3 GSO衛星
- 3 b アンテナ
- 5 ユーザ端末
- 6 公衆電話交換網
- 7 GSOゲートウェイ
- 8 NGSOゲートウェイ
- 11 静止軌道
- 12 非静止軌道
- 21, 22 カバレッジエリア
- 31 ユーザアップリンク
- 32 ユーザダウンリンク
- 33 降雨セル
- 33 a, 33 b, 34 a, 34 b リンク
- 35 アップリンク
- 36 ダウンリンク
- 40 デジタル受信回路
- 40 a ミキサ
- 40 b 逆拡散器
- 40 c PNコード発生器
- 40 d 復調器
- 40 e デコーダ

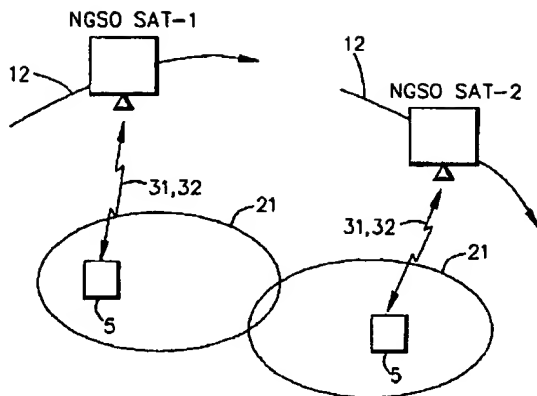
【図 1】



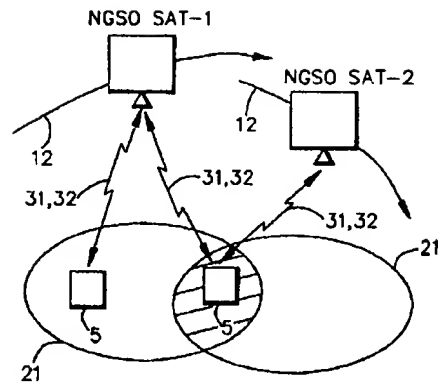
【図 2】



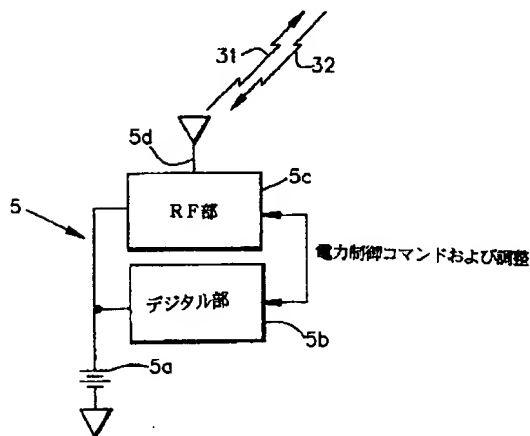
【図 3】



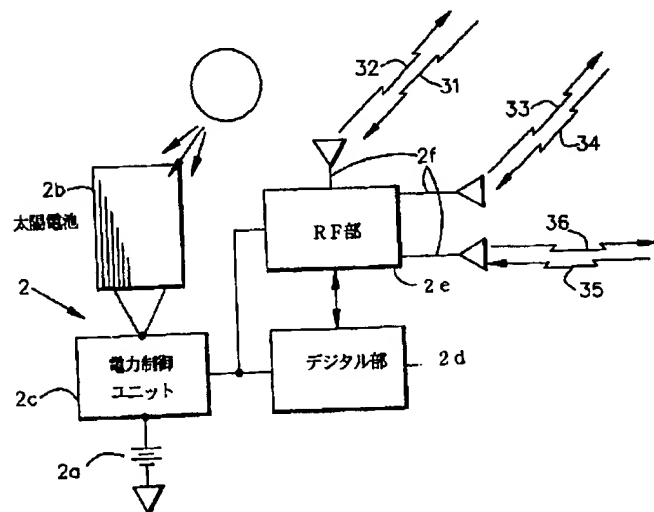
【図 4】



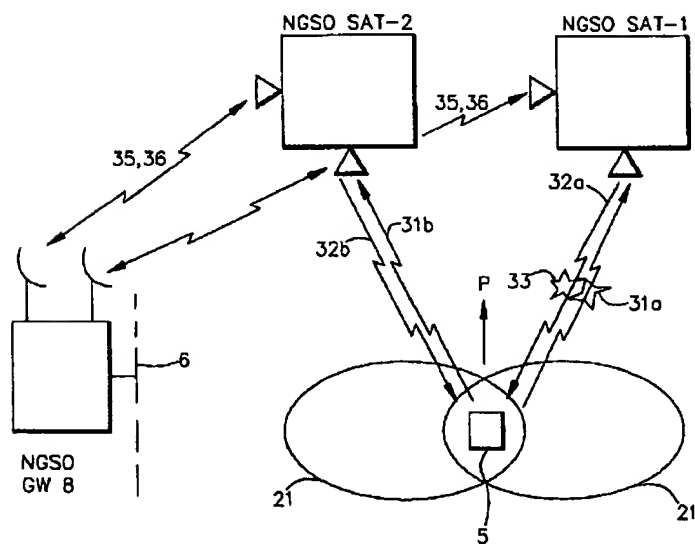
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 ロバート エイ. ウィーデマン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94074 ロスアルトス モーラコート
1735